

CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E HETEROSE EM HÍBRIDOS INTERVARIETAIS DE MILHO ADAPTADOS ÀS CONDIÇÕES DE CERRADO¹

ÁLVARO ELEUTÉRIO², ELTO EUGÊNIO GOMES E GAMA³
e AUGUSTO RAMALHO DE MORAIS⁴

RESUMO - Quatro experimentos foram conduzidos em 1982/83, com o objetivo de estimar os efeitos das capacidades geral (CGC) e específica (CEC) de combinação, além dos valores da heterose na produção de espigas de cruzamentos dialélicos entre cinco populações de milho (*Zea mays* L.) que estão sendo submetidas a um processo de seleção para as condições de solo sob vegetação de cerrado. A avaliação foi feita nos locais de Jataí (GO), Goiânia (GO), Jaciara (MT) e Sete Lagoas (MG). Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, com 16 tratamentos e cinco repetições, tendo como testemunha o híbrido duplo comercial Cargill 111. Os tratamentos compreenderam as populações CMS-04, CMS-13, CMS-14, CMS-30 e CMS-36, além dos dez híbridos intervarietais entre elas. Com relação à capacidade geral de combinação, as populações CMS-36 e CMS-30 apresentaram os maiores valores para CGC (361,47 e 66,53). As melhores combinações expressas em relação à CEC foram entre os cruzamentos CMS-04 x CMS-30, CMS-04 x CMS-13 e CMS-04 x CMS-36, evidenciando que, para este grupo de cruzamentos, epistasia e dominância prevalecem sobre os efeitos gênicos aditivos. Os valores percentuais de heterose em relação à média do pai mais produtivo foram de 5,3%; 3,5% e 8,6% para os cruzamentos citados. A maior heterose (15,7%) foi obtida do cruzamento entre CMS-13 x CMS-36.

Termos para indexação: *Zea mays*, solo ácido, capacidade de combinação.

COMBINING ABILITY AND HETEROSIS IN MAIZE INTERVARIETAL HYBRIDS ADAPTED TO ACID SOILS

ABSTRACT - Several trials were conducted in 1982/83, in order to estimate the effects of general and specific combining ability and the heterosis effects on the yield of five maize (*Zea mays* L.) populations being selected in conditions of acid soils. The evaluations were done at four locations, Jataí and Goiânia, Goiás State, Jaciara, Mato Grosso State and Sete Lagoas Minas Gerais State, Brazil. The 16 treatments were evaluated in a randomized complete block design with five replications. The commercial double-cross hybrid Cargill 111 was used as check and the treatments were the five populations *per se* (CMS-04, CMS-13, CMS-14, CMS-30 and CMS-36) and the ten varietal crosses between them. The higher effects of general combining ability were attained with CMS-36 and CMS-30 (361.47 and 66.53), respectively. The best combinations measured through the specific combining ability effects were attained with the crosses between CMS-04 x CMS-30; CMS-04 x CMS-13 and CMS-04 x CMS-36. The heterosis values in relation to the average of the best parent were 5.3%, 3.5% and 8.6% for the three crosses mentioned. The higher heterosis effect (15.7%) was attained with the cross between CMS-13 x CMS-36.

Index terms: *Zea mays*, acid soil, combining ability.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um programa de melhoramento de milho visando a seleção de genótipos mais tolerantes à elevada acidez, com característi-

cas de melhor capacidade de absorção dos nutrientes do solo é de indiscutível necessidade quando se pensa no aproveitamento dos solos sob vegetação de cerrado, que correspondem a 180 milhões de hectares em diversas regiões brasileiras (Ferri 1977). Têm sido preconizadas a correção total de acidez através da incorporação de calcário e a utilização de elevadas doses de nutrientes para construção e manutenção da fertilidade destes solos. Com os preços cada vez mais elevados dos corretivos e fertilizantes químicos esta possibilidade pode onerar sobremaneira os custos de produção, inviabilizando o processo. Portanto, tentando con-

¹ Aceito para publicação em 10 de novembro de 1986.

² Eng. Agr., M.Sc., Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), Caixa Postal 49, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 Sete Lagoas, MG.

⁴ Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPMS.

jugar estas duas práticas através da correção parcial do solo e adaptação de plantas mais tolerantes à acidez, numa solução mais satisfatória e econômica do problema, Bahia Filho et al. (1976) propuseram um programa de melhoramento de milho, envolvendo áreas diferentes de conhecimento, com objetivos de obtenção de genótipos mais tolerantes à acidez, a serem alcançados a curto, médio e longo prazos.

A curto prazo, Napolini Filho et al. (1981a) selecionaram dez linhagens de 363 avaliadas em 1976, em solo com nível de saturação de alumínio em torno de 55%. Estas linhagens deram origem a 45 híbridos simples, que foram avaliados em três níveis de saturação de alumínio (0%, 45% e 64%). Observou-se, nesta avaliação, a presença de variabilidade na capacidade combinatória das linhagens e modificações desta capacidade entre os níveis de saturação de alumínio. Assim foi possível obter híbridos mais estáveis, produtivos e tolerantes ao alumínio trocável e diferentes intensidades de resposta à calagem, em solo de cerrado.

Os melhoristas de milho acreditam que para aumentar a probabilidade de obtenção de híbridos superiores é necessário aumentar a frequência de genótipos superiores na população-fonte de linhagens. Comstock (1964) afirmou que as plantas de milho de uma população heterogênea são essencialmente híbridos simples, pois resultam de cruzamento. Se uma amostra aleatória de linhagens for obtida da população, os híbridos simples entre elas representam combinações genótípicas que ocorrem na população original, e ocorrem com a mesma probabilidade. Um programa extensivo de obtenção de linhagens endogâmicas de milho envolve tempo, trabalho e altos custos, e a identificação de linhagens satisfatórias para a produção de híbridos comerciais não tem sido facilmente nem rapidamente atingido. Maior probabilidade de êxito, sem dúvida, seria de se esperar quando pode-se identificar e escolher as melhores populações para compor um programa de melhoramento, sendo uma das tarefas mais difíceis, que pode significar ou não o sucesso de um programa a longo prazo. Desta forma, a médio prazo, o programa do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo procura analisar compostos e variedades locais de diferen-

tes origens, a fim de identificar dentro destes germoplasmas os de melhores potenciais quanto à tolerância à elevada acidez e que possam servir de base para um programa de melhoramento.

Considerando que o principal objetivo da atual indústria de sementes de milho híbrido é o desenvolvimento de linhagens que apresentem melhor desempenho em combinação híbrida e a necessidade de boas fontes geradoras de linhagens que supram os programas de melhoramento, foi realizado este trabalho com o objetivo de estudar os efeitos das capacidades geral e específica de combinação além dos valores de heterose para produção de espigas, de cruzamentos dialélicos entre cinco populações de milho em processo de melhoramento para tolerância a solos ácidos.

MATERIAL E MÉTODOS

Em 1982/83 foram avaliados em condições de campo, 16 tratamentos, sendo cinco populações *per se* (CMS-04; CMS-13; CMS-14; CMS-30 e CMS-36), os dez híbridos intervarietais entre elas e uma testemunha, o híbrido duplo comercial Cargill 111. As populações estudadas fazem parte do programa de melhoramento do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) e da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA), para tolerância às condições de solo sob vegetação de cerrado. Algumas características dessas populações encontram-se na Tabela 1. Os ensaios foram conduzidos em Jataí (GO), Goiânia (GO), Jaciara (MT) e Sete Lagoas (MG). Os solos utilizados são dos tipos Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro, com vegetação predominante variando de campo-sujo (Jataí, GO) a cerrado nos demais locais.

Os tratamentos foram dispostos num delineamento experimental de blocos casualizados, com 16 tratamentos e cinco repetições, com exceção de Jataí (GO) que teve quatro repetições, e as parcelas foram formadas por duas fileiras de 5,0 m de comprimento cada uma, espaçadas de 1,0 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. A adubação foi feita nos sulcos de plantio, de acordo com a recomendação da análise de solo. Foram semeadas duas sementes por cova e quinze dias após a emergência efetuou-se o desbaste para uma planta por cova, obtendo-se uma população correspondente a 50.000 plantas por hectare. Os tratos culturais foram os normalmente usados para a cultura do milho.

Para o estudo da capacidade de combinação destas populações, foram utilizados os dados de produção média de espigas despalhadas, em kg/ha, corrigidos em função das variações do estande e ajustadas para uma umidade constante de 14,5%. A análise obedeceu ao modelo desenvolvi-

TABELA 1. Algumas características das populações de milho utilizadas nos cruzamentos.

Populações	Origem	Tipo grão (textura)	Cor do grão	Ciclo
1. CMS-04 (Amarillo Dentado)	CIMMYT	Dentado	Amarelo	Intermed.
2. CMS-13 (Composto Sete Lagoas)	CNPMS	Semi-Duro	Amarelo	Intermed.
3. CMS-14 (Poll 25)	CIMMYT	Semi-Duro	Amar. Alar.	Intermed.
4. CMS-30 (Composto Amplo)	ESALQ	Semi-Dentado	Amarelo	Tardio
5. CMS-36 (Sintético Cerrado)	CNPMS	Duro	Laranja	Tardio

do por Griffing (1956), com base no método 2, modelo 1, cujo modelo matemático é:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R e_{ijr}$$

onde:

Y_{ij} = é a média observada da população se $i = j$ e do híbrido se $i \neq j$;

m = é a média geral;

g_i = é o efeito da capacidade geral de combinação da população i (idem para população j);

s_{ij} = é o efeito da capacidade específica de combinação do cruzamento da população i com a população j , sendo $s_{ij} = s_{ji}$;

e_{ijr} = é o efeito do erro experimental;

R = é o número de repetições.

Foram estimados os efeitos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), e os valores para heterose (H) foram obtidos em relação à média do pai mais produtivo (pmp) e com o valor da média dos pais (mp), do seguinte modo:

$$Hpmp = (F_1 / \bar{X}_{pmp}) \times 100; \quad Hmp = (F_1 / \bar{X}_p) \times 100$$

onde:

F_1 = é a produção média do cruzamento;

\bar{X}_{pmp} = é a produção média do pai mais produtivo;

\bar{X}_p = é a produção média dos pais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores das produções médias de espigas despalhadas (kg/ha), quadrado médio do resíduo e coeficiente de variação para os quatro locais estão apresentados na Tabela 2. Entre as populações, observa-se que as populações CMS-36 (4.55 kg/ha) e CMS-14 (4.266 kg/ha) foram as mais produtivas, enquanto CMS-04 (2.162 kg/ha) foi a menos produtiva. Em relação à cultivar Cargill 111 (4.639 kg/ha), as produções dessas populações foram de 98%;

92% e 47%, mostrando que o grupo de populações avaliadas pode ser bem aproveitado num programa de melhoramento de milho. Pode-se observar, também, que houve uma boa precisão na condução dos experimentos, com os coeficientes de variação entre 11,85% (Goiânia), e 19,03% (Sete Lagoas). As baixas produtividades médias obtidas em Jataí (2.879 kg/ha), devem-se principalmente ao solo pouco corrigido e de baixa fertilidade natural. Nos demais locais, as produtividades foram semelhantes entre si, com uma média um pouco superior para Sete Lagoas (5.992 kg/ha). Com relação à produção da população CMS-04 *per se*, possivelmente houve problemas de efeito de vigor de sementes nos locais, com exceção de Sete Lagoas.

Os resultados da análise conjunta da variância estão apresentados na Tabela 3. Os teste F mostrou diferenças altamente significativas entre as cultivares, evidenciando que as variações foram devidas, principalmente, a diferenças genotípicas. Observaram-se efeitos altamente significativos das capacidades geral e específica de combinação, evidenciando uma grande variabilidade para estas capacidades neste grupo de populações em estudo. Segundo Matzinger et al. (1959), o conhecimento das variâncias das capacidades geral e específica de combinação e suas interações com diferentes ambientes é útil na formulação dos procedimentos de um programa de melhoramento. Para o caso particular destas populações que de maneira geral não têm sido muito trabalhadas em relação à uma seleção drástica, espera-se obter variância bastante grande em relação à capacidade geral de combinação, em comparação com a variância para capacidade específica de combinação. No entanto, o quadrado médio da CGC não diferiu do da CEC, mostrando que os efeitos genéticos aditivos

TABELA 2. Produção média de espigas (kg/ha) de milho, quadrado médio do erro e coeficiente de variação para os ensaios instalados em quatro locais, 1983/84.

Tratamento	Jataí (GO)	Goiânia (GO)	Jaciara (GO)	Sete Lagoas (MG)	Média ¹
			kg/ha		
CMS-04	1.062	1.448	996	4.920	2.162 f
CMS-13	2.100	4.572	3.880	4.240	3.782 e
CMS-14	2.205	4.814	4.580	5.040	4.263 cde
CMS-30	2.005	4.416	2.952	5.680	3.856 e
CMS-36	2.413	4.810	4.408	6.160	4.555 bcd
CMS-04 x CMS-13	2.888	5.140	4.380	6.080	4.713 abc
CMS-04 x CMS-14	3.903	4.712	4.040	4.920	4.419 bcd
CMS-04 x CMS-30	3.495	4.788	3.844	6.800	4.797 abc
CMS-04 x CMS-36	3.935	5.230	4.628	5.800	4.949 ab
CMS-13 x CMS-14	3.483	3.732	2.720	6.400	4.115 de
CMS-13 x CMS-30	3.412	5.326	4.472	6.400	4.981 ab
CMS-13 x CMS-36	3.105	5.576	4.492	7.480	5.272 a
CMS-14 x CMS-30	2.808	4.640	4.360	6.720	4.728 abc
CMS-14 x CMS-36	3.305	4.538	4.636	7.000	4.952 ab
CMS-30 x CMS-36	3.065	5.252	4.208	6.240	4.777 abc
Média	2.879	4.599	3.906	5.992	4.421
QM erro	274.541	297.196	441.067	1.300.514	598.582
CV (%)	18.20	11.85	17.00	19.03	17.50
Cargill 111 (testemunha)	2.130	5.306	4.540	5.680	4.639

¹ Médias ponderadas seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si (Duncan 5%).

foram igualmente importantes na expressão da produção de espigas. Diferindo de Lonnquist & Gardner (1961), que salientaram serem os efeitos aditivos mais importantes que os não aditivos na determinação da produção em cruzamentos inter-varietais de milho. Hallauer & Miranda Filho (1981), no entanto, afirmaram que, no caso de um grupo de pais representarem uma população (Modelo 1), a estimativa dos componentes da variância não é apropriada, mas a dos efeitos de cada par de pais para cruzamentos específicos (CEC) e para todos os cruzamentos que incluem um pai comum (CGC) é apropriado e válido. Em outras palavras, os efeitos da CGC e CEC são mais informativos que os componentes da variância, para a análise do Modelo 1. Desta forma, o teste F mostra, apenas, que as diferenças podem existir, enquanto que as estimativas dos efeitos de CGC e CEC mostram a magnitude relativa e o sinal dos efeitos para cada pai e cada cruzamento envolvido.

Visto que os genótipos não produzem sempre efeitos constantes em cada ambiente, uma vez que

podem reagir de modo distinto às condições externas diferentes (Gnoatto 1969, Pereira 1978), testou-se a sensibilidade das capacidades combinatórias às mudanças de locais. Verificaram-se que os

TABELA 3. Análise conjunta da variância para produção média de espigas despalhadas (kg/ha) de cinco populações de milho e seus dez cruzamentos, avaliados em quatro locais, 1982/83.

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio
Local	3	25.595.746**
Repetição/local	15	676.586**
Cultivar	(14)	2.249.648**
CGC	4	2.362.565**
CEC	10	2.204.482**
Local x cultivar	(42)	375.664**
Local x CGC	12	281.118**
Local x CEC	30	413.482**
Resíduo médio	210	122.462

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

efeitos das interações locais x CGC e locais x CEC foram altamente significativos, mostrando uma inconsistência dos efeitos aditivos e não aditivos, quando medidos em diversos ambientes. Matzinger et al. (1959) e Naspolini Filho et al. (1981b) relataram maior inconsistência dos efeitos genéticos aditivos quando foram medidos em ambientes diferentes e comparados com os efeitos não aditivos. Por outro lado, Rojas & Sprague (1952) enfatizaram maior inconsistência dos efeitos não aditivos.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) e da produção média de espigas (kg/ha), para cada população, estão apresentadas na Tabela 4. Altos valores de \hat{g}_i (positivo ou negativo) indicam genótipos melhores ou piores que os restantes, com os quais se compara. Baixas estimativas indicam genótipos com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos. Observa-se que todas as populações apresentaram efeitos positivos, com exceção da população CMS-04, que apresentou um desempenho muito pobre em relação ao comportamento médio dos cruzamentos, ao contrário da população CMS-36 que apresentou um bom desempenho. As demais populações tiveram um desempenho dentro da média dos cruzamentos. De acordo com Lopes et al. (1985), o comportamento *per se* da população CMS-04 em relação às demais, quando avaliadas em solução nutritiva apresentou baixa tolerância a toxidez de alumínio. Desta forma e de acordo com Sprague & Tatum (1942), que associaram as capacidades de combinação com o tipo de ação gênica envolvida, a população CMS-04 apresentaria efeito negativo nas combinações, com relação à ação aditiva dos genes para as condições em que foi avaliada. No entanto, a população CMS-04 apresentou altos valores de \hat{g}_{ij} , como se observa na Tabela 5, evidenciando maior importância da participação de efeitos não aditivos, quando esta população está envolvida no cruzamento. Lopes et al. (1985), mostraram, também, que as populações CMS-30 e CMS-36 têm apresentado um bom desempenho *per se* com relação à tolerância à toxidez de alumínio em solução nutritiva sendo, no presente estudo, as que apresentaram os maiores valores de \hat{g}_i , 66,33 e 361,47, respectivamente. Curiosamente, estas populações apresentaram um efeito negativo de \hat{g}_{ij} , caracterizando uma heterose

TABELA 4. Produção média de espigas (kg/ha) e estimativas dos efeitos de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para cada uma das cinco populações testadas em quatro locais, 1982/83.

Cultivar	Produção média	\hat{g}_i
	----- kg/ha -----	
01. CMS-04	2.162	- 475.24
02. CMS-13	3.782	16.84
03. CMS-14	4.263	30.24
04. CMS-30	3.856	66.53
05. CMS-36	4.555	361.47
Média	3.724	

Desvio padrão (\hat{g}_i) = 59,15.

Desvio padrão ($\hat{g}_i - \hat{g}_j$) = 93,53 (para $i \neq j$).

baixa ($H_{pmp} = 4,9\%$), relativa aos demais cruzamentos. De maneira geral, observa-se um efeito altamente positivo de \hat{g}_{ij} quando estas duas populações são cruzadas com as demais.

Com relação aos efeitos de CEC para produção de espigas, altos valores de \hat{g}_{ij} (positivo ou negativo) indicam combinações específicas que são melhores ou piores que o esperado, baseando-se na CGC dos progenitores. Desse modo, a CEC depende de genes que mostram efeitos não aditivos (Sprague & Tatum 1942). Assim as melhores combinações observadas foram CMS-04 x CMS-30, CMS-04 x CMS-13, CMS-04 x CMS-36 e CMS-13 x CMS-30 e a pior, entre as populações CMS-13 x CMS-14. Em relação à produção média de espigas, as melhores combinações foram entre as populações CMS-13 x CMS-36, CMS-13 x CMS-30, CMS-14 x CMS-36 e CMS-40 x CMS-36. Estes resultados coincidem com os obtidos para os valores de heterose calculados em relação à média do pai mais produtivo e em relação à média dos pais (Tabela 5).

Os valores para heterose nos cruzamentos relativos a mp variaram de 10,5% a 41,6% e, em relação ao pmp variaram de -10,7% a 15,7%. A heterose média foi de 28,1% para mp e 4,7% para pmp. Estas estimativas médias foram semelhantes para H_{pmp} e maiores para H_{mp} quando comparadas às obtidas por Lopes et al. (1985), que obtiveram valores de 3,13% para H_{pmp} e 7,68% para H_{mp} . O

TABELA 5. Produção média de espigas (kg/ha), estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}), percentagem de heterose para os cruzamentos relativos ao pai mais produtivo (pmp) e à média dos pais (mp) e heterose média para os dez cruzamentos, 1982/83.

Cruzamento	Produção média	s_{ij}	Heterose	
			pmp	mp
	-----kg/ha-----		----- % -----	
CMS-04 x CMS-13	4.713	750.18	103,5	136,6
CMS-04 x CMS-14	4.419	443.28	97,0	118,7
CMS-04 x CMS-30	4.797	784.10	105,3	128,8
CMS-04 x CMS-36	4.949	641.25	108,6	132,9
CMS-13 x CMS-14	4.115	-353.21	90,3	110,5
CMS-13 x CMS-30	4.981	477.31	109,4	133,8
CMS-13 x CMS-36	5.272	471.87	115,7	141,6
CMS-14 x CMS-30	4.728	209.71	103,8	127,0
CMS-14 x CMS-36	4.952	138.97	108,7	133,0
CMS-30 x CMS-36	4.777	-72.62	104,9	128,3
Média	4.770		104,7	128,1

Desvio padrão (s_{ij}) = 152,73.

Desvio padrão ($s_{ij} - s_{ik}$) = 229,09 (para $i \neq j, k; j \neq k$).

Desvio padrão ($s_{ij} - s_{kl}$) = 209,13 (para $i \neq j, k, l; j \neq k, l; k \neq l$).

cruzamento CMS-13 x CMS-36 apresentou os maiores valores para os efeitos heteróticos relativos a pmp e mp.

CONCLUSÕES

1. As populações CMS-36 e CMS-14 mostraram-se como as mais produtivas.

2. Os cruzamentos CMS-13 x CMS-36, CMS-13 x CMS 30, CMS-14 x CMS-36 e CMS-04 x CMS-36 foram os mais promissores para utilização direta como híbridos intervarietais.

3. A população CMS-04 teve o pior desempenho, com baixa produção de espigas e efeito de \hat{g}_i negativo, enquanto CMS-36 teve o melhor desempenho com efeito de \hat{g}_i positivo.

4. Os cruzamentos CMS-04 x CMS-30, CMS-04 x CMS-13, CMS-04 x CMS-36 e CMS-13 x CMS-30 apresentaram as melhores combinações de \hat{s}_{ij} , enquanto CMS-13 x CMS-14 a pior.

5. O cruzamento CMS-13 x CMS-36 apresentou o maior efeito de heterose $H_{pmp} = 15,7\%$; $H_{mp} = 41,6\%$.

REFERÊNCIAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; MAGNAVACA, R.; MENDES, J.F.; BAHIA, F.G.F. T.C.; PEREIRA, P. Avaliação de linhagens e populações de milho em condições de elevada acidez. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. Anais ... Piracicaba, ESALQ, 1976. p.51-8.
- COMSTOCK, R.E. Selections procedures in corn improvement. *Proc. Hybrid corn Ind. Res. Conf.*, 19: 87-94, 1964.
- FERRI, M.G. Ecologia dos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4; Brasília, 1976. Simpósio ... Belo Horizonte, Itatiaia-USP, 1977. p.15-36.
- GNOATTO, I.L. Análise de cruzamentos dialélicos entre linhagens de milho (*Zea mays* L.) de diversas origens. Piracicaba, ESALQ/USP, 1969. 80p. Tese Mestrado.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.*, 9:463-93, 1956.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames, Iowa, Iowa University Press, 1981. 468p.
- LONNQUIST, J.H. & GARDNER, C.O. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. *Crop Sci.*, 1:179-83, 1961.
- LOPES, M.A.; GAMA, E.E.G.; VIANNA, R.T.; SOUZA,

- I.R.P. Heterose e capacidade de combinação para produção de espigas em cruzamentos dialélicos de seis populações de milho (*Zea mays* L.). *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 20(3):349-54, mar. 1985.
- MATZINGER, D.F.; SPRAGUE, G.F.; COCKERHAM, C.C. Diallel crosses of maize in experiments repeated over locations and years. *Agron. J.*, 51:346-50, 1959.
- NASPOLINI FILHO, V.; BAHIA FILHO, A.F.C.; VIANNA, R.T.; GAMA, E.E.G.; VASCONCELLOS, C.A. MAGNAVACA, R. Comportamento de linhagens e de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) em solos sob vegetação de cerrado. *Ci. e Cult.*, 33(5): 722-7, 1981a.
- NASPOLINI FILHO, V.; GAMA, E.E.G.; VIANNA, R.T. MORO, J.R. General and specific combining ability for yield in a diallel cross among 18 maize populations (*Zea mays* L.). *R. bras., Genétic.*, 4(4):571-7, 1981b.
- PEREIRA, P. Comportamento de linhagens de milho (*Zea mays* L.) em cruzamentos dialélicos. Viçosa, UFV, 1978. 70p. Tese Mestrado.
- ROJAS, B.A. & SPRAGUE, G.F. A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. *Agron. J.*, 44:462-6, 1952.
- SPRAGUE, G.F. & TATUM, L.A. General vs. specific combining ability in single-crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.*, 34:923-32, 1943.